

Adoption of a Smart Application and Its Relationship with the Sustainable Quality of Ancestral Products in Peru's Central Jungle

Luis Ricardo Flores-Vilcapoma¹; Augusto Aliaga-Miranda²; Julio César Mariños-Alfaro¹; José Vladimir Ponce-de-León-Berrios¹; Ariana Jazmín Flor-Calero¹; José Antonio Rojas-Guillen²; Wilmar Salvador Chavarry-Becerra³

¹Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú, lflores@uniscjsa.edu.pe, jmarinos@uniscjsa.edu.pe, jponce@uniscjsa.edu.pe, 73824981@uniscjsa.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, C31088@utp.edu.pe, C27875@utp.edu.pe

³Universidad Continental, Perú, wchavarry@continental.edu.pe

Abstract— Este estudio examina la relación entre el uso de un aplicativo inteligente y la calidad sostenible de productos ancestrales en la Selva Central del Perú—cacao nativo, café orgánico y sachá inchi. Pese a su alto valor económico, cultural y ambiental, la evaluación de calidad y sostenibilidad sigue apoyándose en criterios empíricos, lo que reduce la competitividad en mercados especializados y procesos de certificación. Se aplicó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, transversal y correlacional en una muestra de 30 productores. La variable independiente captura la aceptación y disposición de uso mediante utilidad percibida, facilidad de uso percibida e intención de uso. La variable dependiente operacionaliza la calidad sostenible en dimensiones visuales, de proceso, ambientales, sociales, culturales y económicas. Los resultados muestran asociaciones positivas y significativas, destacando la facilidad de uso percibida como el factor más influyente en la mejora global. Los modelos de regresión presentan alta capacidad explicativa y satisfacen supuestos econométricos. Se concluye que, cuando el aplicativo se percibe útil y fácil de usar, puede fortalecer la evaluación objetiva, la sostenibilidad y la valorización de estos productos, complementando y respetando los saberes tradicionales en contextos amazónicos.

Keywords—Smart applications, Sustainable quality, Ancestral products, Technology acceptance, Peru's Central Jungle.

Adopción de un aplicativo inteligente y su relación con la calidad sostenible de productos ancestrales en la Selva Central del Perú

Luis Ricardo Flores-Vilcapoma¹; Augusto Aliaga-Miranda²; Julio César Mariños-Alfaro¹; José Vladimir Ponce-de-León-Berrios¹; Ariana Jazmín Flor-Calero¹; José Antonio Rojas-Guillen²; Wilmar Salvador Chavarry-Becerra³

¹Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú, lflores@uniscjsa.edu.pe, jmarinos@uniscjsa.edu.pe, jponce@uniscjsa.edu.pe, 73824981@uniscjsa.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, C31088@utp.edu.pe, C27875@utp.edu.pe

³Universidad Continental, Perú, wchavarry@continental.edu.pe

Resumen—Este estudio examina la relación entre el uso de un aplicativo inteligente y la calidad sostenible de productos ancestrales en la Selva Central del Perú—cacao nativo, café orgánico y sacha inchi. Pese a su alto valor económico, cultural y ambiental, la evaluación de calidad y sostenibilidad sigue apoyándose en criterios empíricos, lo que reduce la competitividad en mercados especializados y procesos de certificación. Se aplicó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, transversal y correlacional en una muestra de 30 productores. La variable independiente captura la aceptación y disposición de uso mediante utilidad percibida, facilidad de uso percibida e intención de uso. La variable dependiente operacionaliza la calidad sostenible en dimensiones visuales, de proceso, ambientales, sociales, culturales y económicas. Los resultados muestran asociaciones positivas y significativas, destacando la facilidad de uso percibida como el factor más influyente en la mejora global. Los modelos de regresión presentan alta capacidad explicativa y satisfacen supuestos econométricos. Se concluye que, cuando el aplicativo se percibe útil y fácil de usar, puede fortalecer la evaluación objetiva, la sostenibilidad y la valorización de estos productos, complementando y respetando los saberes tradicionales en contextos amazónicos.

Palabras clave—Aplicativos inteligentes, Calidad sostenible, Productos ancestrales, Aceptación tecnológica, Selva Central del Perú.

I. INTRODUCCIÓN

En la Selva Central del Perú, los productos ancestrales como el cacao nativo, el café orgánico y el sacha inchi ocupan un lugar relevante en el ámbito económico y cultural de muchas comunidades rurales [1], [2]. Estos productos no solo generan ingresos para las familias productoras, sino que también representan conocimientos tradicionales que se han transmitido a lo largo del tiempo y que están estrechamente relacionados con la preservación del ambiente natural junto con el uso sostenible de los recursos existentes [3], [4].

A pesar de su relevancia, la forma en que se evalúa la calidad y sostenibilidad de estos productos suele basarse en prácticas tradicionales y criterios empíricos. Si bien estos métodos reflejan la experiencia acumulada de los productores,

presentan dificultades cuando se busca cumplir con exigencias técnicas de mercados especializados, certificaciones o procesos de trazabilidad [5]. La falta de herramientas objetivas y sistemáticas limita la posibilidad de comparar productos, demostrar su sostenibilidad y acceder a mejores oportunidades comerciales [6].

Por otro lado, según [7], el avance de la tecnología digital ha generado nuevas alternativas para apoyar los procesos productivos, incluso en contextos rurales. En particular, las aplicaciones móviles y los sistemas basados en inteligencia artificial han mostrado un gran potencial para evaluar atributos físicos y sensoriales de productos agroalimentarios de manera más objetiva [8]. Sin embargo, en la Amazonía peruana, estas tecnologías todavía tienen una adopción limitada, principalmente por la brecha digital, la escasa adaptación de las herramientas a la realidad local y la poca articulación entre la innovación tecnológica y los saberes ancestrales [9], [10].

En este contexto, resulta relevante analizar cómo el uso de herramientas tecnológicas inteligentes se relaciona con la calidad y sostenibilidad de los productos ancestrales, considerando no solo su desempeño técnico, sino también su facilidad de uso y el nivel de aceptación por parte de los productores [11]. Por ello, este estudio tiene como propósito analizar la relación múltiple entre el uso de un aplicativo inteligente y la calidad sostenible de los productos ancestrales de la Selva Central del Perú, desde un enfoque cuantitativo y relacional.

Este estudio contribuye a la literatura al proporcionar evidencia empírica sobre la relación entre la adopción de un aplicativo inteligente y la calidad sostenible de productos ancestrales en un contexto amazónico poco explorado, integrando la aceptación tecnológica con dimensiones ambientales, sociales, culturales y económicas de la sostenibilidad.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. Productos ancestrales y sostenibilidad en la Selva Central

La literatura coincide en que los productos ancestrales no pueden ser valorados únicamente por sus características físicas, ya que su importancia también está asociada a la forma en que se producen, a las prácticas culturales que los acompañan y al entorno social donde se desarrollan [12]. En las regiones amazónicas, la sostenibilidad de estos productos suele estar vinculada al manejo responsable del suelo y del agua, a la conservación de la biodiversidad y a la participación activa de la comunidad en las actividades productivas, así como a la posibilidad de que estas prácticas sean económicamente viables en el tiempo [13].

Aun cuando la literatura propone diversos enfoques para evaluar la sostenibilidad, varios estudios coinciden en que existe una distancia importante entre estos planteamientos teóricos y su aplicación en comunidades rurales [14]. Gran parte de los modelos de evaluación disponibles ha sido diseñada pensando en contextos urbanos o industriales, lo que complica su implementación en territorios amazónicos, donde predominan sistemas productivos de pequeña escala y una fuerte identidad cultural [15]. Como consecuencia, los productores enfrentan dificultades para demostrar la sostenibilidad de sus productos frente a mercados que exigen criterios definidos, comparables y verificables [16].

B. Tecnologías digitales y evaluación de la calidad agroalimentaria

Actualmente frente a las diversas limitaciones identificadas en los procesos de selección de calidad del sector agroalimentario, y para poder incrementar su producción, estas empresas han decidido incorporar como parte de evaluación de sus procesos a la inteligencia artificial y otros tipos de tecnologías de información, con ello facilitar el análisis de diversos atributos que poseen algunos productos de alta demanda como son el café y el cacao en temas como: el color, la textura y la uniformidad, dejando con ello de depender únicamente de la percepción humana y abriendo las puertas a la obtención de datos más precisos generando con ello mayor rentabilidad [17], [18].

Sin embargo, gran parte de estas investigaciones se ha desarrollado en escenarios controlados o industrializados, lo que ha dejado en segundo plano las realidades sociales y culturales de los productores. Este escenario sirve para poder evidenciar de manera tangible la inexistencia de investigaciones enfocadas a entornos rurales amazónicos, toda vez que las herramientas digitales solo han sido adaptados para contextos industrializados y se debe considerar su adaptación en las condiciones propias, aportando de esta manera al conocimiento tradicional más que como una sustitución al mismo

C. Aplicaciones móviles, usabilidad y aceptación tecnológica

Las aplicaciones para dispositivos móviles se han convertido como una herramienta clave para la transferencia tecnológica en el ámbito agrícola, principalmente debido a su accesibilidad y facilidad de uso [19]. No obstante, diversos

estudios coinciden en que el éxito de estas herramientas no depende únicamente de su desempeño técnico, sino también de la experiencia que ofrecen a quienes las utilizan [20]. En este sentido, aspectos como la usabilidad, la claridad de la interfaz y la utilidad percibida influyen de manera directa en la decisión de adoptar una tecnología.

En los contextos rurales, estos factores adquieren una importancia aún mayor, ya que los productores tienden a priorizar herramientas simples, prácticas y que generen beneficios concretos en su trabajo cotidiano [21]. A pesar de ello, son escasas las investigaciones que abordan de manera conjunta el desempeño técnico de un aplicativo inteligente, su nivel de aceptación tecnológica y su relación con la calidad y sostenibilidad de los productos ancestrales, lo que refuerza la relevancia de estudios como el presente.

D. Componente técnico del aplicativo inteligente

El aplicativo inteligente utilizado en el presente estudio fue diseñado como una herramienta móvil orientada a apoyar la evaluación de atributos relacionados con la calidad sostenible de productos ancestrales como cacao, café y sachá inchi. Su funcionamiento se basa en el registro digital de información productiva y en el análisis automatizado de características visuales y de proceso mediante algoritmos de inteligencia artificial aplicados al reconocimiento de patrones. El sistema permite capturar datos desde dispositivos móviles, procesarlos en tiempo real y generar reportes relacionados con criterios de calidad y sostenibilidad previamente definidos.

Desde el punto de vista funcional, el aplicativo incorpora principios de usabilidad y accesibilidad adaptados al contexto rural, priorizando interfaces simples y procesos de interacción intuitivos para facilitar su adopción por parte de productores locales. Asimismo, el desempeño preliminar de la herramienta fue evaluado mediante pruebas piloto orientadas a verificar consistencia en el procesamiento de información, estabilidad operativa y facilidad de uso percibida, obteniéndose resultados favorables para su aplicación en entornos productivos de la Selva Central del Perú,

III. METODOLOGÍA

A. Enfoque y diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de corte transversal y de alcance correlacional. Este diseño se eligió debido a que no se buscó manipular las variables de estudio, sino analizar la relación existente entre el uso de un aplicativo inteligente y la calidad sostenible de los productos ancestrales en su contexto real.

B. Población y muestra

La población estuvo conformada por productores y microempresas dedicadas a la elaboración de productos ancestrales en la Selva Central del Perú, principalmente cacao, café y sachá inchi. La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico intencional, considerando la accesibilidad, la disposición de los productores a participar y el uso del aplicativo inteligente. El tamaño de la muestra

permitió realizar análisis estadísticos multivariados con un nivel adecuado de confiabilidad.

C. Variables de estudio

En el presente estudio, la variable independiente correspondió al uso del aplicativo inteligente, el cual fue analizado a partir de tres dimensiones principales: el desempeño del modelo de inteligencia artificial, la usabilidad del aplicativo y la aceptación tecnológica. Estas dimensiones se consideraron como variables predictoras dentro del análisis estadístico, ya que permiten explicar la relación entre el uso de la herramienta tecnológica y los resultados observados.

Por otro lado, la variable dependiente fue la calidad sostenible de los productos ancestrales, entendida como un constructo de carácter multidimensional. Este enfoque permitió integrar aspectos relacionados con la calidad visual y sensorial del producto, las prácticas de proceso y postcosecha, así como las dimensiones ambiental, social, cultural y económica que influyen en su sostenibilidad.

TABLA I
PRINCIPALES VARIABLES

Variables	Dimensiones	Instrumento y escala
Calidad sostenible de los productos ancestrales (y)	Calidad visual y sensorial	Cuestionario, Likert [1 – 5]
	Proceso y postcosecha	
	Sostenibilidad ambiental	
	Sostenibilidad social cultural	
	Sostenibilidad económica	
Aceptación y disposición de uso de un aplicativo inteligente (x)	Utilidad percibida	
	Facilidad de uso percibida	
	Intención de uso	

La Tabla I define con claridad la operacionalización del constructo dependiente, calidad sostenible de los productos ancestrales (y), al desagregarlo en cinco dimensiones complementarias. Dos de ellas capturan atributos directamente observables del producto —calidad visual y sensorial y proceso y postcosecha—, lo que permite aproximar tanto la percepción del consumidor como el desempeño técnico asociado a prácticas de manejo y conservación. Las tres dimensiones restantes incorporan la sostenibilidad en sentido amplio —ambiental, social-cultural y económica—, con lo cual la medición no se limita a resultados comerciales o estéticos, sino que integra impactos y coherencias con el entorno, la identidad y la viabilidad del sistema productivo, aspecto especialmente pertinente para bienes de origen tradicional en Perú.

A su vez, la variable explicativa, aceptación y disposición de uso de un aplicativo inteligente (x), se estructura en dimensiones que responden a un enfoque conductual-tecnológico: utilidad percibida, facilidad de uso percibida e intención de uso. Esta arquitectura sugiere que la adopción del aplicativo se entiende como un proceso donde la evaluación funcional y el esfuerzo esperado condicionan la propensión a

utilizarlo, lo cual es consistente con modelos de adopción tecnológica centrados en percepciones. En términos de medición, ambas variables se recogen mediante cuestionario con escala Likert de 1 a 5, lo que favorece comparabilidad entre dimensiones, análisis estadístico de relaciones (p. ej., correlaciones y regresión).

La operacionalización de la variable calidad sostenible de los productos ancestrales consideró indicadores específicos para cada dimensión evaluada. La dimensión calidad visual y sensorial incluyó criterios relacionados con apariencia, color, textura y uniformidad del producto; proceso y postcosecha consideró prácticas de conservación, manipulación y almacenamiento; sostenibilidad ambiental evaluó prácticas vinculadas al uso responsable de recursos y reducción de impactos ambientales; sostenibilidad social-cultural incorporó aspectos asociados a preservación de saberes tradicionales y participación comunitaria; mientras que sostenibilidad económica consideró percepción de rentabilidad, valor agregado y oportunidades de comercialización. Todas las dimensiones fueron medidas mediante ítems en escala Likert de cinco puntos y sometidas a validación por juicio de expertos antes de su aplicación.

D. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizaron instrumentos estructurados, seleccionados de acuerdo con las características de las variables de estudio. El desempeño del aplicativo inteligente se evaluó mediante métricas técnicas generadas automáticamente por el propio sistema. Asimismo, la usabilidad del aplicativo se midió a través de la escala SUS, mientras que la aceptación tecnológica se evaluó mediante una encuesta basada en el Modelo de Aceptación de la Tecnología.

De manera complementaria, se emplearon listas de cotejo y encuestas estructuradas con el fin de medir las distintas dimensiones de la calidad y sostenibilidad de los productos ancestrales, lo que permitió contar con información integral para el análisis del estudio.

E. Modelos de regresión

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon_2 \quad (2)$$

$$y_3 = \rho_0 + \rho_1 x_1 + \rho_3 x_3 + \varepsilon_3 \quad (3)$$

$$y_5 = \theta_0 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + D_1 + \varepsilon_4 \quad (4)$$

Donde:

y: Calidad sostenible de los productos ancestrales

y₁: Calidad visual y sensorial

y₃: Sostenibilidad ambiental

y₅: Sostenibilidad económica

x₁: Utilidad percibida

x₂: Facilidad de uso percibida

x₃: Intención de uso

D₁: Variable dicotómica que considera la observación 7

ε_i: Término de perturbación, ε_i ~ iid(0, σ²)

IV. RESULTADOS

A. Estadísticos descriptivos

La Tabla II presenta los estadísticos descriptivos para las ocho dimensiones analizadas, con un tamaño muestral constante de $N = 30$ en todos los casos. En las dimensiones asociadas a la calidad sostenible (calidad visual y sensorial, proceso y postcosecha, sostenibilidad ambiental, sostenibilidad social-cultural y sostenibilidad económica) se observa una tendencia central relativamente homogénea, con medias que oscilan entre 9.10 y 9.23. En conjunto, estos promedios sugieren valoraciones favorables en los distintos componentes de la calidad sostenible, aunque con heterogeneidad apreciable: por ejemplo, calidad visual y sensorial ($DS = 3.021$) y sostenibilidad económica ($DS = 2.956$) muestran mayor dispersión relativa, lo que indica diferencias más marcadas entre participantes en dichas dimensiones.

TABLA II
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	x_1	x_2	x_3
N	30	30	30	30	30	30	30	30
Max	14	14	13	14	14	14	14	13
Min	4	5	5	5	3	4	4	6
Media	9.100	9.167	9.233	9.200	9.133	8.967	8.400	9.433
DS	3.021	2.561	2.445	2.592	2.956	2.834	2.647	2.402
Varianza	9.128	6.557	5.978	6.717	8.740	8.033	7.007	5.771
P_{50}	10	9	10	10	9	9	8	9.5
Asimetría	-0.120	0.050	-0.103	-0.030	-0.124	-0.058	0.443	0.144
Curtosis	1.906	2.200	2.122	2.006	2.241	2.009	2.387	1.676

En cuanto a la aceptación y disposición de uso del aplicativo inteligente, las medias también se ubican en niveles altos, pero con matices internos relevantes. La intención de uso registra la media más elevada (9.433) y, a la vez, una de las dispersiones más acotadas ($DS = 2.402$), lo que sugiere una inclinación consistente hacia el uso del aplicativo. En contraste, la facilidad de uso percibida presenta la media más baja (8.400) y una mediana de 8, señalando que, aunque la evaluación general es positiva, la percepción de facilidad podría constituir un punto relativamente más sensible (o mejorable) dentro del proceso de adopción. La utilidad percibida se sitúa en un nivel intermedio-alto (media 8.967), compatible con una valoración funcional favorable del aplicativo.

Finalmente, los indicadores de forma de distribución refuerzan la lectura de estabilidad descriptiva: las asimetrías son, en general, cercanas a cero (ligeramente negativas en varias dimensiones de calidad sostenible), lo que sugiere distribuciones relativamente equilibradas y sin sesgos extremos. La excepción más visible es facilidad de uso percibida (asimetría 0.443), consistente con una mayor

concentración de puntuaciones en valores relativamente más bajos y una cola hacia valores altos. La curtosis se mantiene en rangos moderados (aprox. 1.676–2.387), sin indicios de colas inusualmente pronunciadas. En conjunto, la cercanía entre medias y medianas, junto con asimetrías reducidas, respalda el uso de análisis inferenciales habituales, siempre acompañado de las pruebas diagnósticas pertinentes.

B. Análisis estadístico

TABLA III
MATRIZ DE CORRELACIÓN

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	x_1	x_2	x_3
y_1	1.000	-	-	-	-	-	-	-
y_2	0.818	1.000	-	-	-	-	-	-
y_3	0.860	0.759	1.000	-	-	-	-	-
y_4	0.808	0.733	0.830	1.000	-	-	-	-
y_5	0.836	0.790	0.864	0.892	1.000	-	-	-
x_1	0.846	0.723	0.892	0.837	0.770	1.000	-	-
x_2	0.883	0.819	0.822	0.797	0.817	0.802	1.000	-
x_3	0.792	0.700	0.880	0.833	0.827	0.828	0.785	1.000

La Tabla III muestra una matriz de correlaciones ampliamente positiva y de magnitud elevada entre todas las dimensiones consideradas, con coeficientes que oscilan aproximadamente entre 0.700 y 0.892. Este patrón sugiere que, en la muestra analizada, las percepciones sobre la calidad sostenible y los componentes de aceptación del aplicativo tienden a moverse en la misma dirección: a mayores valoraciones en una dimensión, mayores valoraciones en las demás. Entre las asociaciones más intensas destacan sostenibilidad ambiental con utilidad percibida (0.892) y sostenibilidad social-cultural con sostenibilidad económica (0.892), mientras que una de las relaciones relativamente más moderadas —aunque aún alta— se observa entre proceso y postcosecha e intención de uso (0.700).

Si se observa el bloque de dimensiones que componen la calidad sostenible, las correlaciones internas son consistentes y robustas (por ejemplo, social-cultural con económica = 0.892, ambiental con económica = 0.864, visual-sensorial con ambiental = 0.860). Esto respalda la idea de una evaluación integrada del atributo “calidad sostenible”: los encuestados no perciben estas dimensiones como compartimentos aislados, sino como componentes complementarios de un mismo desempeño. En términos sustantivos, el resultado es coherente con una lógica de cadena de valor donde los atributos de calidad del producto (sensoriales y de manejo postcosecha) se

vinculan estrechamente con prácticas y resultados de sostenibilidad.

Por su parte, las dimensiones del aplicativo inteligente (utilidad percibida, facilidad de uso percibida e intención de uso) también presentan correlaciones altas tanto entre sí (utilidad–intención = 0.828; utilidad–facilidad = 0.802; facilidad–intención = 0.785) como con las dimensiones de calidad sostenible (por ejemplo, intención de uso con sostenibilidad ambiental = 0.880 y con sostenibilidad económica = 0.827). En conjunto, este entramado sugiere que una mayor predisposición a usar el aplicativo se asocia con mejores valoraciones de sostenibilidad y calidad, lo que es consistente con la hipótesis de un papel habilitador del soporte digital. Al mismo tiempo, la alta colinealidad implícita en varios coeficientes aconseja complementar esta evidencia con el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) en modelos de regresión.

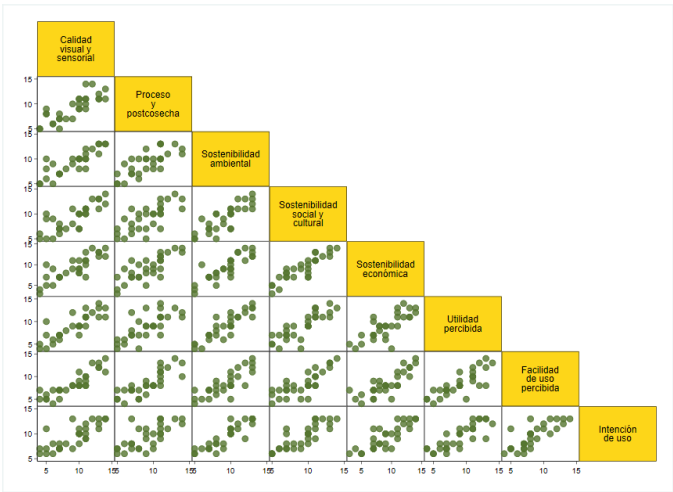


Fig. 1 Diagrama de dispersión de las variables.

La Fig. 1 presenta una matriz de diagramas de dispersión en la que se aprecia un patrón consistente: en prácticamente todas las combinaciones bivariadas, los puntos se distribuyen siguiendo una tendencia ascendente. Esto sugiere relaciones positivas y aproximadamente lineales entre las dimensiones de la calidad sostenible (calidad visual y sensorial, proceso y postcosecha, sostenibilidad ambiental, social-cultural y económica) y las dimensiones vinculadas a la adopción del aplicativo (utilidad percibida, facilidad de uso percibida e intención de uso). En varias celdas, la nube de puntos aparece relativamente “compacta” alrededor de una trayectoria creciente, lo que es compatible con asociaciones fuertes y con una estructura de covariación alta entre constructos.

Desde un punto de vista analítico, la forma predominantemente lineal y la ausencia de curvaturas marcadas respaldan la pertinencia de modelos lineales para explorar la relación entre aceptación del aplicativo y calidad sostenible. En conjunto, la figura refuerza la idea de que las dimensiones se comportan de manera coherente, pero exige cautela para distinguir efectos propios de cada componente.

C. Modelos de regresión

La Tabla IV resume cuatro especificaciones de regresión que vinculan la aceptación y disposición de uso del aplicativo con distintos componentes de la calidad sostenible. En el modelo (1), donde la variable dependiente es calidad sostenible, los tres predictores presentan efectos positivos y estadísticamente significativos: utilidad percibida (1.278; $p < 0.05$), facilidad de uso percibida (2.084; $p < 0.001$) e intención de uso (1.502; $p < 0.05$). La magnitud y la significancia sugieren que, manteniendo lo demás constante, la percepción de que el aplicativo es fácil de usar constituye el mecanismo con mayor peso relativo para explicar mejoras en la evaluación global de sostenibilidad del producto, seguido por la intención conductual y la utilidad funcional.

TABLA IV
RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

	(1) Calidad sostenible	(2) Calidad visual y sensorial	(3) Sostenibilidad ambiental	(4) Sostenibilidad económica
Utilidad percibida	1.278* (2.30)	0.412** (2.94)	0.447*** (4.03)	-
Facilidad de uso percibido	2.084*** (3.87)	0.654*** (4.36)	-	0.561*** (3.75)
Intención de uso	1.502* (2.38)	-	0.460** (3.52)	0.595*** (3.65)
D_1	-	-	-	4.369** (3.19)
Constante	2.691 (0.84)	-0.0904 (-0.11)	0.890 (1.25)	-1.342 (-1.33)
Estadístico F	74.88	67.46	82.67	40.96
R cuadrado ajustado	0.8843	0.8209	0.8492	0.8052

Estadísticos t entre paréntesis. Los p-valores son * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. La ecuación (4) incluye además una variable ficticia para mitigar la influencia de valores atípicos.

Al desagregar la calidad sostenible por dimensiones, se observa un patrón coherente pero no idéntico entre ecuaciones. En (2), la calidad visual y sensorial se asocia de forma positiva con utilidad percibida (0.412; $p < 0.01$) y, con mayor intensidad, con facilidad de uso percibida (0.654; $p < 0.001$), lo que sugiere que la adopción del aplicativo se conecta con atributos perceptibles del producto, posiblemente vía mejoras en prácticas de presentación, información o control del proceso. En (3), la sostenibilidad ambiental depende significativamente de utilidad percibida (0.447; $p < 0.001$) e intención de uso (0.460; $p < 0.01$), indicando que la valoración ambiental se fortalece cuando el usuario reconoce un beneficio claro del aplicativo y, además, muestra disposición efectiva a emplearlo. En (4), la sostenibilidad económica se explica por facilidad de uso percibida (0.561; $p < 0.001$) e intención de

uso (0.595; $p < 0.001$), y se incorpora una variable ficticia D_1 (4.369; $p < 0.01$) para amortiguar la influencia de observaciones atípicas, lo que sugiere que parte de la variabilidad económica podría estar concentrada en casos específicos con comportamientos extremos o condiciones particulares.

En términos de desempeño econométrico, los modelos exhiben alta capacidad explicativa (R^2 ajustado entre 0.805 y 0.884) y estadísticos F elevados, lo que respalda la significancia conjunta de los regresores en cada ecuación. Sin embargo, dada la evidencia previa de correlaciones altas entre dimensiones, estos resultados deben leerse con cautela respecto a posibles problemas de colinealidad, que podrían inflar errores estándar o volver sensibles las estimaciones a cambios en la especificación. En esa línea, la inclusión de D_1 en (4) es una decisión pertinente de robustez frente a valores atípicos.

TABLA V
 ESPECIFICACIÓN DE LOS MODELOS

Test	Heteroscedasticidad	Autocorrelación		Normalidad	Identificación	Multicolinealidad
	Breusch-Pagan	Durbin-Watson	Breusch-Godfrey	Jarque-Bera	Ramsey RESET	VIF promedio
Modelo 1	0.1078	2.1367	0.2090	0.7188	0.6225	3.60
Modelo 2	0.4161	2.0888	0.8381	0.8860	0.0569	2.80
Modelo 3	0.6894	1.8078	0.1289	0.1514	0.7415	3.18
Modelo 4	0.1515	1.6141	0.2127	0.5312	0.9430	2.11

La Tabla V reporta p-valores de pruebas diagnósticas clave para evaluar la validez de las estimaciones en los cuatro modelos. En materia de heterocedasticidad (Breusch–Pagan), todos los p-valores son superiores a 0.05 (Modelo 1: 0.1078; Modelo 2: 0.4161; Modelo 3: 0.6894; Modelo 4: 0.1515), por lo que no se rechaza la hipótesis nula de varianza constante de los errores. Este resultado respalda el uso de errores estándar convencionales y sugiere que las inferencias no estarían distorsionadas por cambios sistemáticos en la dispersión del residuo a lo largo del rango de valores de los regresores.

Respecto a autocorrelación, el estadístico Durbin–Watson se ubica entre 1.61 y 2.14, valores compatibles con ausencia de autocorrelación severa. Sin embargo, el contraste más informativo es el de Breusch–Godfrey, cuyos p-valores indican que no hay evidencia de autocorrelación en los Modelos 1 (0.2090), 2 (0.8381) y 4 (0.2127), mientras que el Modelo 3 presenta un p-valor de 0.1289, que sigue siendo no significativo al 5%, aunque relativamente más cercano al umbral y, por tanto, merecedor de atención en términos de robustez. En cuanto a normalidad (Jarque–Bera), los Modelos 1 (0.7188), 2 (0.8860) y 4 (0.5312) no muestran desviaciones relevantes de normalidad, mientras que el Modelo 3 registra un p-valor de 0.1514: también no significativo, pero sugerente de una distribución de errores potencialmente menos cercana a la normalidad relativa de los otros modelos.

Así también, la prueba de especificación funcional (Ramsey RESET) arroja p-valores mayores a 0.05 en los cuatro casos (0.6225; 0.0569; 0.7415; 0.9430), lo que implica ausencia de evidencia de mala especificación por omisión de términos no lineales o variables relevantes; no obstante, el Modelo 2 (0.0569) queda muy próximo al umbral, por lo que sería razonable discutir la posibilidad de pequeñas no linealidades o efectos omitidos y verificar robustez con alternativas (p. ej., transformaciones, términos cuadráticos o controles adicionales si el marco teórico lo justifica). En multicolinealidad, el VIF promedio se mantiene en niveles moderados (3.60; 2.80; 3.18; 2.11), por debajo de umbrales habituales de preocupación fuerte, lo que sugiere que, aun existiendo correlaciones elevadas entre dimensiones, no se observan señales de colinealidad crítica que invalide la estimación.

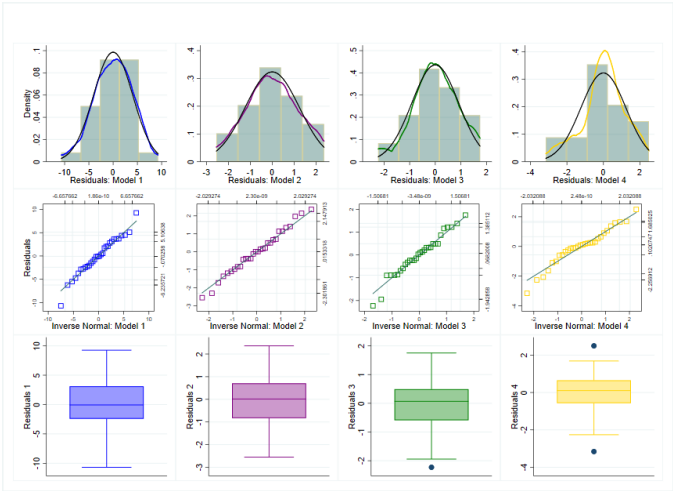


Fig. 2 Densidad de kernel estimada, gráficos Q-Q y diagramas de caja de los residuos. La distribución normal se representa mediante la línea negra. Las líneas de la cuadrícula representan los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95.

La Fig. 2 reúne tres lecturas complementarias sobre el comportamiento de los residuos en los cuatro modelos: la densidad kernel (fila superior), los gráficos Q–Q (fila intermedia) y los diagramas de caja (fila inferior). En términos generales, las curvas de densidad estimada se aproximan razonablemente a la forma de la distribución normal superpuesta (línea negra), lo que sugiere que los errores no presentan asimetrías marcadas ni colas excesivamente pesadas. Esta impresión visual es más clara en los Modelos 1 y 2, donde la masa de probabilidad se concentra alrededor de cero con una forma bastante simétrica; en cambio, en los Modelos 3 y 4 se advierten ligeras discrepancias en los extremos, compatibles con una normalidad “aceptable” pero menos ajustada en las colas.

Los gráficos Q–Q refuerzan esa lectura al mostrar que la mayoría de los cuantiles empíricos se alinean con la recta de referencia, especialmente en la zona central de la distribución. La cercanía de los puntos a la línea indica que, para los percentiles intermedios, la hipótesis de normalidad es

plausible; las desviaciones se concentran, como suele ocurrir, en los cuantiles más bajos y más altos. En particular, los Modelos 3 y 4 exhiben separaciones algo mayores en los extremos, lo que sugiere que la diferencia con la normalidad proviene más de observaciones atípicas o colas ligeramente más pronunciadas que de un sesgo sistemático en el centro de la distribución.

Finalmente, los diagramas de caja aportan evidencia sobre dispersión y valores influyentes. En los cuatro casos, la mediana se sitúa cerca de cero y el rango intercuartílico es relativamente acotado, lo que es coherente con residuos centrados y sin variaciones desproporcionadas. No obstante, se observan puntos fuera de los “bigotes” (outliers), más notorios en los Modelos 3 y 4, lo cual es consistente con las pequeñas discrepancias detectadas en los Q-Q en las colas. En conjunto, la figura respalda que los supuestos distribucionales de los errores son razonables para la inferencia, aunque también sugiere la conveniencia de acompañar los resultados con verificaciones de robustez (por ejemplo, errores estándar robustos o análisis de influencia) cuando el interés se focaliza en la precisión de los intervalos y pruebas en presencia de observaciones extremas [22].

V. CONCLUSIONES

El presente estudio analizó la relación entre el uso de un aplicativo inteligente y la calidad sostenible de productos ancestrales en la Selva Central del Perú, considerando bienes como cacao nativo, café orgánico y sachá inchi. El planteamiento partió de la necesidad de contar con herramientas más objetivas y sistemáticas para respaldar procesos de evaluación de calidad y sostenibilidad, especialmente frente a exigencias de mercados especializados y trazabilidad. En coherencia con ese propósito, el estudio se desarrolló con enfoque cuantitativo, diseño no experimental, transversal y alcance correlacional, aplicado a productores y microempresas del territorio.

Los resultados obtenidos evidencian que la aceptación y disposición de uso del aplicativo inteligente se relacionan positivamente con la calidad sostenible de los productos ancestrales evaluados. En particular, la utilidad percibida, la facilidad de uso y la intención de uso mostraron una influencia favorable sobre distintas dimensiones asociadas a la sostenibilidad y calidad del producto. Entre estos factores, la facilidad de uso percibida destacó como uno de los elementos con mayor relevancia, lo que sugiere que las herramientas digitales orientadas a contextos rurales deben priorizar experiencias de interacción simples, accesibles y adaptadas a las dinámicas cotidianas de los productores.

De manera complementaria, los hallazgos sugieren que la incorporación de tecnologías inteligentes puede contribuir no solo a mejorar procesos de evaluación de calidad, sino también a fortalecer prácticas vinculadas a la sostenibilidad ambiental, económica y sociocultural de los productos ancestrales. En ese sentido, el aplicativo evaluado representa

una alternativa de apoyo para complementar los conocimientos tradicionales mediante herramientas digitales orientadas a una evaluación más objetiva y sistemática.

Los descriptivos y la evidencia asociativa respaldan estas conclusiones sustantivas. Las medias reportadas se ubican en niveles favorables en las dimensiones de calidad sostenible, mientras que, en la adopción del aplicativo, la intención de uso destaca por su nivel promedio, con la facilidad de uso como el componente relativamente más exigente. Asimismo, la matriz de correlación evidencia asociaciones altas y positivas entre dimensiones de calidad sostenible y dimensiones de aceptación tecnológica, lo que sugiere un comportamiento conjunto coherente: una mayor predisposición al uso del aplicativo tiende a coincidir con mejores valoraciones de sostenibilidad y calidad.

Desde el punto de vista de la validez econométrica, los modelos presentan un desempeño robusto para fines inferenciales dentro del diseño adoptado. Las pruebas diagnósticas no aportan evidencia de heterocedasticidad (Breusch–Pagan con $p > 0.05$ en los cuatro modelos), ni de autocorrelación (Breusch–Godfrey con $p > 0.05$), y la normalidad de los residuos resulta razonable (Jarque–Bera con $p > 0.05$), con una especificación funcional aceptable según Ramsey RESET. En multicolinealidad, los VIF promedio se mantienen en rangos moderados, lo que reduce el riesgo de inestabilidad severa en las estimaciones, aun cuando la covariación entre constructos sea elevada.

En términos aplicados, los resultados apuntan a una implicancia decisiva para el diseño de intervenciones tecnológicas en entornos rurales: la adopción no se deriva únicamente del “potencial” técnico del aplicativo, sino de su capacidad para traducirse en una experiencia operativa, sencilla y claramente útil en el trabajo cotidiano del productor. En ese marco, la usabilidad, la reducción de fricciones (tiempos, pasos y complejidad) y la adecuación al contexto productivo funcionan como condiciones habilitantes del uso sostenido, porque favorecen que la herramienta se incorpore como apoyo práctico —y no como una carga adicional— dentro de rutinas ya consolidadas.

No obstante, los resultados deben interpretarse considerando algunas limitaciones metodológicas. En primer lugar, el tamaño muestral reducido limita la posibilidad de generalizar los hallazgos a otros contextos productivos fuera de la Selva Central del Perú. Asimismo, el alcance local del estudio restringe la representación de otras realidades rurales y cadenas productivas con características distintas. De igual manera, el diseño transversal permite identificar asociaciones estadísticas entre variables, pero no establecer relaciones de causalidad. Finalmente, parte de la información recolectada se basó en percepciones de los participantes mediante escalas Likert, lo que podría incorporar cierto nivel de subjetividad en las respuestas.

Asimismo, conviene profundizar en modelos que separen efectos directos e indirectos (por ejemplo, mediaciones entre utilidad percibida, facilidad de uso e intención), e incorporar

con mayor sistematicidad indicadores objetivos de desempeño del sistema y métricas estandarizadas de usabilidad, para robustecer la triangulación entre percepción, uso efectivo y resultados en calidad sostenible. No obstante, estos hallazgos deben interpretarse con cautela, considerando el tamaño muestral y el carácter exploratorio del estudio; en particular, la ausencia de profundidad temporal limita una evaluación plena de efectos dinámicos y sostenibilidad, lo que refuerza la pertinencia de diversos diseños para aproximar con mayor solidez la direccionalidad causal.

REFERENCIAS

- [1] J. Aguirre-Sosa, M. L. Dextre, y J. A. Vargas-Merino, "Peruvian ceviche: cultural heritage of humanity and its socio-cultural significance", *Journal of Ethnic Foods*, vol. 12, n° 1, p. 13, abr. 2025, doi: 10.1186/s42779-025-00273-7.
- [2] E. Parraguez-Vergara, B. Contreras, N. Clavijo, V. Villegas, N. Paucar, y F. Ther, "Does indigenous and *campesino* traditional agriculture have anything to contribute to food sovereignty in Latin America? Evidence from Chile, Peru, Ecuador, Colombia, Guatemala and Mexico", *Int. J. Agric. Sustain.*, vol. 16, n° 4-5, pp. 326-341, sep. 2018, doi: 10.1080/14735903.2018.1489361.
- [3] F. Calizaya *et al.*, "Unveiling Ancestral Sustainability: A Comprehensive Study of Economic, Environmental, and Social Factors in Potato and Quinoa Cultivation in the Highland Aynokas of Puno, Peru", *Sustainability*, vol. 15, n° 17, p. 13163, sep. 2023, doi: 10.3390/su151713163.
- [4] J. Henrich, "Market Incorporation, Agricultural Change, and Sustainability Among the Machiguenga Indians of the Peruvian Amazon", *Hum. Ecol.*, vol. 25, n° 2, pp. 319-351, jun. 1997, doi: 10.1023/A:1021982324396.
- [5] J. A. Bergerson *et al.*, "Life cycle assessment of emerging technologies: Evaluation techniques at different stages of market and technical maturity", *J. Ind. Ecol.*, vol. 24, n° 1, pp. 11-25, feb. 2020, doi: 10.1111/jiec.12954.
- [6] P. Saulick, C. Bokhoree, y G. Bekaroo, "Business sustainability performance: A systematic literature review on assessment approaches, tools and techniques", *J. Clean. Prod.*, vol. 408, p. 136837, jul. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136837.
- [7] W. Ma, A. McKay, D. B. Rahut, y T. Sonobe, "An introduction to rural and agricultural development in the digital age", *Rev. Dev. Econ.*, vol. 27, n° 3, pp. 1273-1286, ago. 2023, doi: 10.1111/rode.13025.
- [8] A. Taneja *et al.*, "Artificial Intelligence: Implications for the Agri-Food Sector", *Agronomy*, vol. 13, n° 5, p. 1397, may 2023, doi: 10.3390/agronomy13051397.
- [9] P. C. Callupe-Cueva, A. Aliaga-Miranda, L. R. Flores-Vilcapoma, C. E. Raqui-Ramirez, B. T. Vila-Hinojo, y W. S. Chavarry-Becerra, "Digital transformation in market research in Peru", *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, vol. 22, n° 2, p. 2555, ago. 2025, doi: 10.14488/BJOPM.2555.2025.
- [10] T. Bressan *et al.*, "Challenges of design, implementation, acceptability, and potential for, biomedical technologies in the Peruvian Amazon", *Int. J. Equity Health*, vol. 21, n° 1, p. 183, dic. 2022, doi: 10.1186/s12939-022-01773-7.
- [11] M. W. Alam *et al.*, "Emerging Trends in Food Process Engineering: Integrating Sensing Technologies for Health, Sustainability, and Consumer Preferences", *J. Food Process Eng.*, vol. 48, n° 1, ene. 2025, doi: 10.1111/jfpe.70035.
- [12] F. D. Falco, R. Cunca, A. Bandoni, y C. Paoliello, "Designing with Nature. Ancestrality and Collaboration with the Living in Contemporary Times", 2024, pp. 297-318. doi: 10.1007/978-3-031-53122-4_20.
- [13] S. C. De Benedicto *et al.*, "Integrating Strategies Aimed at Biodiversity and Water Resource Sustainability in the Amazonian Region", *Sustainability*, vol. 17, n° 9, p. 4010, abr. 2025, doi: 10.3390/su17094010.
- [14] K. S. Nelson, T. D. Nguyen, J. R. Francois, y S. Ojha, "Rural sustainability methods, drivers, and outcomes: A systematic review", *Sustainable Development*, vol. 31, n° 3, pp. 1226-1249, jun. 2023, doi: 10.1002/sd.2471.
- [15] P. Cabrera-Barona, D. Albán, y G. Durán, "Describing the Urban Jungle: A Multicriteria Urbanization Index for the Amazon", *ISPRS Int. J. GeoInf.*, vol. 12, n° 10, p. 430, oct. 2023, doi: 10.3390/ijgi12100430.
- [16] A. Appolloni, C. J. Chiappetta Jabbour, I. D'Adamo, M. Gastaldi, y D. Settembre-Blundo, "Green recovery in the mature manufacturing industry: The role of the green-circular premium and sustainability certification in innovative efforts", *Ecological Economics*, vol. 193, p. 107311, mar. 2022, doi: 10.1016/j.ecolecon.2021.107311.
- [17] A. Aghababaei, F. Aghababaei, M. Pignitter, y M. Hadidi, "Artificial Intelligence in Agro-Food Systems: From Farm to Fork", *Foods*, vol. 14, n° 3, p. 411, ene. 2025, doi: 10.3390/foods14030411.
- [18] S. Tul, I. Samoiluk, V. Klymenko, y O. Shkurupii, "Transformation of the Ukrainian Agri-Food Industry in the Context of Global Digitalization", en *International Conference on Industry 4.0 for Agri-food Supply Chains: Addressing Socio-economic and Environmental Challenges in Ukraine*, Basel Switzerland: MDPI, ago. 2023, p. 26. doi: 10.3390/engproc2023040026.
- [19] K. Mulungu, M. Kassie, y M. Tschopp, "The role of information and communication technologies-based extension in agriculture: application, opportunities and challenges", *Inf. Technol. Dev.*, vol. 31, n° 4, pp. 1117-1146, oct. 2025, doi: 10.1080/02681102.2025.2456232.
- [20] L. McGaffin, G. Mitchell, T. Anderson, A. Gillis, y S. Craig, "Digital Approaches to Pain Assessment Across Older Adults: A Scoping Review", *Healthcare*, vol. 14, n° 2, p. 149, ene. 2026, doi: 10.3390/healthcare14020149.
- [21] D. L. Peña-Orozco, C. Desgourdes, J. Gonzalez-Feliu, E. Velez-Orsorio, y J. D. Cardona-Muñoz, "Harvest planning for efficient and integrated food supply chains: a combined project-operations management approach", *Supply Chain Forum: An International Journal*, vol. 26, n° 1, pp. 73-87, ene. 2025, doi: 10.1080/16258312.2024.2433940.
- [22] J. C. Mariños-Alfaro *et al.*, "External debt exchange and education improvement in native communities of the central Peruvian jungle: Empirical evidence from an econometric model", *Decision Science Letters*, vol. 14, n° 4, pp. 887-898, 2025, doi: 10.5267/j.dsl.2025.8.001.